

УДК 621.865

Ю.З. Житников, профессор, д-р техн. наук*Ковровская государственная технологическая академия имени В.А.Дегтярёва**ул. Маяковского, 19, г. Ковров, Владимирская область, Россия, 601910**kgta_tms@mail.ru***ПРЕДЕЛЬНАЯ СКОРОСТЬ СРАБАТЫВАНИЯ СХВАТА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ЗАХВАТЕ ДЕТАЛЕЙ ЗА ОБРАБОТАННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ**

Получена математическая зависимость предельной скорости срабатывания схвата, при которой при ударе губок на обработанной поверхности возникают упругие или упруго-пластические деформации.

Ключевые слова: предельная скорость, удар, схват, робот-манипулятор, упругие, упруго-пластические деформации.

При удалении детали после механической обработки при захвате её схватом робота-манипулятора на обработанной поверхности могут оставаться вмятины, что может вызвать брак в производстве.

Это происходит потому, что при подаче сжатого воздуха в полость пневмоцилиндра срабатывает механизм схвата и губки, двигаясь с большой скоростью, ударяют по обработанной поверхности детали.

Следовательно, необходимо обосновать предельные режимы работы схвата.

Для случая, когда губки схвата совершают поступательное движение предельную скорость их движения можно описать при помощи теоремы об изменении главного вектора количества движения механической системы в проекции на ось, направленную по движению для случая удара:

$$MV_0 = F^{y0} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где M – приведённая масса элементов механизма схвата к губке; V_0 – скорость губки перед ударом; F^{y0} – сила удара; Δt – время удара.

Решить уравнение в конечном виде нельзя, т.к. неизвестно время удара.

Правую часть уравнения (1) можно найти из условия равенства работ при ударе и сжатии с учётом выражения Герца [1] для полупятна контакта при сдавливании цилиндрического тела плоскостью:

$$b = 1,522 \sqrt{\frac{q \cdot R}{E}},$$

где q – удельная нагрузка в месте контакта тел на единицу длины; R – радиус цилиндрического тела; E – приведённый модуль упругости материалов контактируемых тел.

Окончательно получим предельную скорость движения губок схвата, при которой при ударе на обработанной поверхности детали возникнут только упругие деформации:

$$V_0 < 2 \sqrt{\frac{[G_{сж}] \cdot b \cdot a \cdot (R - \sqrt{R^2 - b^2})}{M}},$$

где a – длина взаимодействия детали с губкой; $[G_{сж}]$ – допустимое напряжение материала детали на сжатие.

Полуось пятна контакта после преобразований равна:

$$b = \frac{3}{2} \cdot \frac{1,522^2 \cdot [G_{сж}] \cdot R}{E}.$$

Для случая, когда губки схвата вместе с рычагом совершают вращательное движение предельную угловую скорость можно найти из уравнения вращения в проекции на ось вращения рычага для случая удара:

$$J_z \cdot \omega_0 = M^{y0} \cdot \Delta t,$$

где J_z – приведённый момент инерции элементов механизма схвата и губки к оси вращения рычага; ω_0 – угловая скорость вращения рычага с губкой относительно его оси перед ударом; M^{y0} – момент удара губки о деталь; Δt – время удара.

С учётом тех же предположений и выражения Герца найдена предельная угловая скорость вращения рычага с губкой, при которой в момент удара о деталь на её поверхности возникают только упругие деформации:

$$\omega_0 < 2\sqrt{\frac{[G_{сж}] \cdot b \cdot a \cdot (R - \sqrt{R^2 - b^2})}{J_z}}.$$

Учитывая, что скорости срабатывания схватов при упругой деформации поверхностей деталей малы, рассмотрен случай упруго-пластической деформации обработанных поверхностей при ударе губок в момент закрепления.

Предельная скорость поступательного движения губки схвата при закреплении заготовки при упруго-пластической деформации поверхности детали на треть допуска равна:

$$V_0 < 2\sqrt{\frac{(\alpha_y + \delta_\delta/3)}{M} \left([G_{сж}] \cdot b \cdot a + \frac{\pi \cdot \delta_\delta \cdot R}{3} \cdot \frac{88300}{130 - HRC} \right)},$$

где α_y – упругая деформация поверхности детали; δ_δ – допуск на размер захватываемой губками детали; HRC – твёрдость по Роквеллу.

При этом величина упругой деформации согласно выражению Герца после преобразований запишется:

$$\alpha_y = R - \sqrt{R^2 - b^2},$$

а полуось пятна контакта при взаимодействии цилиндрической поверхности и плоскости после преобразования находится из выражения:

$$b = \sqrt{2R(\alpha_y + \delta_\delta/3) - (\alpha_y + \delta_\delta/3)^2}.$$

Предельная угловая скорость вращения рычага с губкой запишется:

$$\omega_0 < 2\sqrt{\frac{(\alpha_y + \delta_\delta/3)}{J_z} \left([G_{сж}] \cdot b \cdot a + \frac{\pi \cdot \delta_\delta \cdot R}{3} \cdot \frac{88300}{130 - HRC} \right)}.$$

Для случаев поступательного движения губки с учётом приведённой массы элементов механизма схвата $M = 0,479 \left(\frac{\kappa z \cdot c^2}{cm} \right)$ и различных размеров рычагов механизма предельная скорость не превышает значения:

$$V_0 < 6 (cm/c).$$

Для случаев вращательного движения рычага с губками с учётом приведённого момента инерции элементов механизма схвата предельная скорость движения губки не превышает значения:

$$V_0 < 10 (cm/c).$$

Предложены математические выражения для расчёта предельных скоростей движения губок схвата при закреплении деталей за обработанную поверхность при упругой и упруго-пластичной деформациях.

Библиографический список

1. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики. В 2-х т.: Учебник для вузов (МО). Т. 1, 2: Динамика / Н.В. Бутенин, Д.Р. Лунц, Д.Р. Меркин. — М: Лань, 2004. — 736 с.
2. Дрозд М.С. Инженерные расчёты упруго-пластичной контактной деформации / М.С. Дрозд, М.М. Метлин, Ю.И. Сидякин. — М.: Машиностроение, 1986. — 224 с.

Поступила в редакцию 05.03.2010 г.